Corrigé et barème – Évolution d'un système : le tableau d'avancement

L'avancement d'une réaction et l'évolution des quantités de matière ; le tableau d'avancement établi à partir de l'équation ajustée et des quantités initiales ; l'avancement maximal, le réactif limitant et la composition de l'état final d'une transformation totale ; le mélange stœchiométrique ; l'avancement final, comparé à l'avancement maximal, pour distinguer transformation totale et non totale ; le bilan de matière programmé en Python.

Durée : 90 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie 1re

Exercice 1 – Un ruban de magnésium dans l'acide ★★ *(4 pts)*

a) Les quantités de magnésium et d'ions H^+ diminuent, celle des ions H^+ deux fois plus vite (nombre stœchiométrique 2) ; les quantités d'ions Mg^{2+} et de dihydrogène augmentent, de x chacune. Les ions chlorure, spectateurs, ne changent pas. (1)

b) $n(Mg) = 1{,}09 \div 24{,}3 \approx 4{,}49 \times 10^{-2}$ mol ; $n(H^+) = 0{,}500 \times 0{,}140 = 0{,}0700$ mol, soit $7{,}00 \times 10^{-2}$ mol (0,5 pt). Tableau, en mol (0,5 pt) :

État	**Avancement (mol)**	**Mg**	**2 H^+**	**Mg^{2+}**	**H_2**
initial	0	$4{,}49 \times 10^{-2}$	$7{,}00 \times 10^{-2}$	0	0
en cours	x	$4{,}49 \times 10^{-2} - x$	$7{,}00 \times 10^{-2} - 2x$	x	x
final	x_{max}	$4{,}49 \times 10^{-2} - x_{max}$	$7{,}00 \times 10^{-2} - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}

(1)

c) Mg : $4{,}49 \times 10^{-2} - x = 0$ donne $x = 4{,}49 \times 10^{-2}$ mol ; H^+ : $0{,}0700 - 2x = 0$ donne $x = 0{,}0350$ mol. La plus petite valeur : $\mathbf{x_{max} = 3{,}50 \times 10^{-2}\ mol}$, les **ions H^+ sont limitants**. (1)

d) $n(H_2) = x_{max}$, donc $V = 0{,}0350 \times 24{,}0 = \mathbf{0{,}840\ L}$ (0,5 pt). Magnésium restant : $4{,}49 \times 10^{-2} - 3{,}50 \times 10^{-2} \approx 9{,}9 \times 10^{-3}$ mol, soit $m \approx 9{,}9 \times 10^{-3} \times 24{,}3 \approx \mathbf{0{,}24\ g}$ (0,5 pt). (1)

Méthode — Tout en mol avant le tableau ; « quantité restante = 0 » pour chaque réactif, la plus petite solution est x_{max}.

Exercice 2 – Un précipité bleu ★★ *(4 pts)*

a) Spectateurs : les ions sulfate SO_4^{2-} et les ions sodium Na^+ (0,5 pt). $n(Cu^{2+}) = 0{,}150 \times 0{,}0400 = 0{,}00600$ mol, soit $6{,}00 \times 10^{-3}$ mol ; $n(HO^-) = 0{,}250 \times 0{,}0600 = 0{,}0150$ mol, soit $1{,}50 \times 10^{-2}$ mol (0,5 pt). (1)

b) Tableau, en mol :

État	**Avancement (mol)**	$\mathbf{Cu^{2+}}$	$\mathbf{2\ HO^-}$	$\mathbf{Cu(OH)_2}$
initial	0	$6{,}00 \times 10^{-3}$	$1{,}50 \times 10^{-2}$	0
en cours	x	$6{,}00 \times 10^{-3} - x$	$1{,}50 \times 10^{-2} - 2x$	x
final	x_{max}	$6{,}00 \times 10^{-3} - x_{max}$	$1{,}50 \times 10^{-2} - 2x_{max}$	x_{max}

Cu^{2+} : $6{,}00 \times 10^{-3} - x = 0$ donne $x = 6{,}00 \times 10^{-3}$ mol ; HO^- : $1{,}50 \times 10^{-2} - 2x = 0$ donne $x = 7{,}50 \times 10^{-3}$ mol. La plus petite valeur est celle des **ions Cu^{2+}**, limitants : $x_{max} = 6{,}00 \times 10^{-3}$ mol. (1)

c) $M(Cu(OH)_2) = 63{,}5 + 2 \times 16{,}0 + 2 \times 1{,}0 = 97{,}5$ g·mol^{-1} ; $n(Cu(OH)_2) = x_{max}$, donc $m = 0{,}00600 \times 97{,}5 \approx$ **0,585 g**. (1)

d) Il reste $1{,}50 \times 10^{-2} - 2 \times 6{,}00 \times 10^{-3} = 3{,}00 \times 10^{-3}$ mol d'ions HO^-, dans le volume **total** $40{,}0 + 60{,}0 = 100{,}0$ mL : $c = 0{,}00300 \div 0{,}1000 =$ **0,0300 mol·L^{-1}**. (1)

Erreur fréquente — Diviser par le volume d'une seule solution : après un mélange, la concentration se calcule avec le volume total.

Exercice 3 – Le réglage d'un chalumeau ★★★ *(4 pts)*

a) Il compare les quantités sans tenir compte des nombres stœchiométriques : la réaction consomme 5 O_2 pour 2 C_2H_2. Il faut comparer les valeurs de x qui annulent chaque quantité, soit les rapports $n(0) \div$ nombre stœchiométrique. (1)

b) C_2H_2 : $0{,}14 - 2x = 0$ donne $x = 0{,}070$ mol ; O_2 : $0{,}32 - 5x = 0$ donne $x = 0{,}064$ mol. $\mathbf{x_{max} = 0{,}064}$ **mol** et le **dioxygène est limitant**, contrairement à ce qu'affirme l'élève. (1)

c) $n(O_2) = 0$; $n(C_2H_2) = 0{,}14 - 2 \times 0{,}064 = 0{,}012$ mol ; $n(CO_2) = 4 \times 0{,}064 = 0{,}256$ mol ; $n(H_2O) = 2 \times 0{,}064 = 0{,}128$ mol. (1)

d) Mélange stœchiométrique : 5 O_2 pour 2 C_2H_2, donc $n(O_2) = 5 \times 0{,}14 \div 2 =$ **0,35 mol** (0,5 pt), soit $0{,}35 - 0{,}32 = 0{,}03$ mol de dioxygène qui manque (0,5 pt) : c'est pourquoi il reste 0,012 mol d'éthyne. Dans un vrai chalumeau, on règle même la flamme vers un volume de dioxygène pour un volume d'éthyne : le dioxygène de l'air achève la combustion autour de la flamme. (1)

Le point clé — Le réactif limitant n'est pas le moins abondant : c'est celui qui annule sa quantité pour la plus petite valeur de x.

Exercice 4 – Le dioxyde d'azote dans une seringue ★★★ *(4 pts)*

a) Tableau, en mol :

État	**Avancement (mol)**	**2 NO_2**	**N_2O_4**
initial	0	$2{,}00 \times 10^{-3}$	0
en cours	x	$2{,}00 \times 10^{-3} - 2x$	x
final	x_f	$2{,}00 \times 10^{-3} - 2x_f$	x_f

(1)

b) Seul réactif : $2{,}00 \times 10^{-3} - 2x = 0$ donne $\mathbf{x_{max} = 1{,}00 \times 10^{-3}\ mol}$. (1)

c) $2{,}00 \times 10^{-3} - 2x_f = 6{,}0 \times 10^{-4}$, donc $2x_f = 1{,}40 \times 10^{-3}$ et $\mathbf{x_f = 7{,}0 \times 10^{-4}\ mol}$ (0,5 pt). $x_f < x_{max}$: la transformation est **non totale** (0,5 pt). (1)

d) $n(NO_2) = 6{,}0 \times 10^{-4}$ mol et $n(N_2O_4) = x_f = 7{,}0 \times 10^{-4}$ mol (0,5 pt). La teinte rousse persiste : il reste du NO_2, seul réactif ; s'il avait entièrement disparu, la transformation aurait été totale (0,5 pt). (1)

Repère — x_f se lit sur l'état final observé ; x_{max} est ce qu'on aurait si un réactif disparaissait.

Exercice 5 – Un bilan programmé ★★ *(4 pts)*

a) Il suppose la transformation **totale** (0,5 pt). La ligne calcule les valeurs de x qui annulent la quantité de chaque réactif et garde la plus petite : c'est x_{max} (0,5 pt). (1)

b) Rapports : $0{,}20 \div 4 = 0{,}05$ et $0{,}12 \div 3 = 0{,}04$, donc xmax = 0,04 (le dioxygène est limitant). Affichage : `0.04`, puis `0.04 0.0` (NH_3 : $0{,}20 - 4 \times 0{,}04 = 0{,}04$; O_2 : 0), puis `0.08 0.24` (N_2 : $2 \times 0{,}04 = 0{,}08$; H_2O : $6 \times 0{,}04 = 0{,}24$). (1)

c) Python stocke les décimaux en binaire : sans arrondi, il afficherait par exemple 0.04000000000000001 pour la quantité finale d'ammoniac. round(…, 3) arrondit au millième. (1)

d) $\min(0.20, 0.12) = 0.12$ (0,5 pt). Les quantités finales de réactifs deviennent négatives : $0{,}20 - 4 \times 0{,}12 = -0{,}28$ et $0{,}12 - 3 \times 0{,}12 = -0{,}24$, ce qui est impossible ; il faut diviser par les nombres stœchiométriques (0,5 pt). (1)

Méthode — Avant d'exécuter un programme, on prévoit le résultat à la main : une quantité négative trahit une erreur.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).